



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG21

DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE PARTES PARA PEQUENOS SATÉLITES



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.

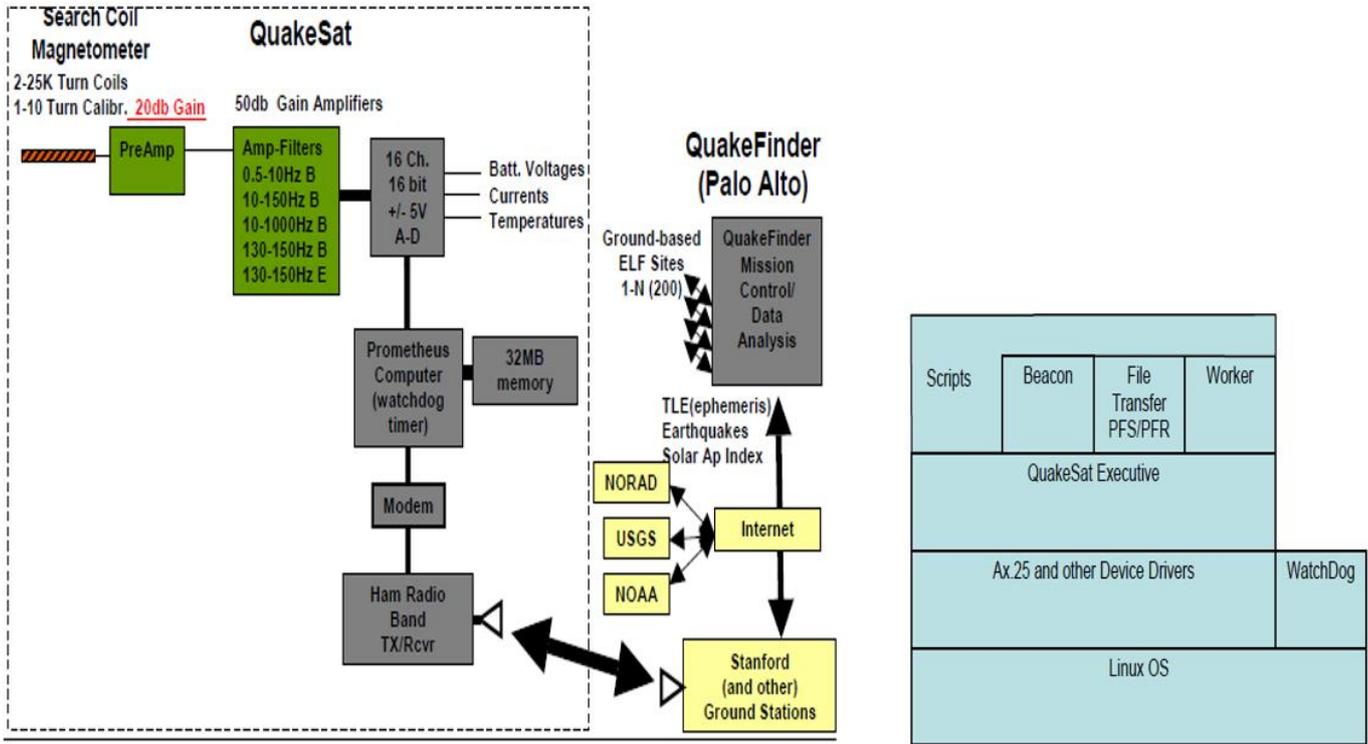


INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

Questão 1

QuakeSat is a cubesat which primary scientific mission is to detect, record, and downlink Extremely Low Frequency (ELF) magnetic signal data, which may lead to groundbreaking techniques to predict earthquake activity. The questions below refer to the QuakeSat Architecture Block Diagram (left) and its Software Architecture (right) shown below:



Answer these questions in English:

- A) What is AX-25 and why smallsats use this?
- B) What is typical role of a Beacon?
- C) What is the watchdog used for?
- D) Considering the mission objectives, what could be the content of File Transfer PFS/PFR?

Questão 2

Você é um(a) engenheiro(a) espacial recém-contratado(a) em um instituto de pesquisas espaciais, especificamente no laboratório que realiza o AIT (Assembly, Integration and Test) de pequenos satélites. Sua primeira tarefa é realizar o planejamento da integração e dos testes sistêmicos de um novo nanossatélite que está sendo desenvolvido para uma missão de observação da Terra, o FireSpot-BR. Este satélite faz parte de uma constelação que visa a detectar e monitorar focos de incêndio no Brasil. Acerca desse cenário, responda ao que se pede a seguir.

- A) Para realizar o planejamento do AIT do sistema, você precisará utilizar a matriz de requisitos, também conhecida por Requirements Verification Matrix (NASA). A matriz utiliza 4 métodos de verificação fundamentais. **Indique e defina cada um deles, apresentando um exemplo prático para cada método de verificação, aplicado ao FireSpot-BR.**
- B) Durante o planejamento da integração do sistema, vários testes funcionais devem ser planejados para garantir que os subsistemas foram corretamente integrados. Para realizar essa ação, é essencial que o time de engenharia de AIT tenha conhecimentos sobre plataformas de pequenos satélites e seus componentes. **Descreva os principais elementos da arquitetura genérica de um subsistema ADCS. Escolha 2 elementos distintos dessa arquitetura e cite 2 exemplos de componentes de cada um deles.**
- C) **Dado o seguinte requisito de sistema: "SYS_REQ-005 - O FireSpot-BR deve ser capaz de manter sua integridade estrutural e funcional perante o ambiente de vibração e aceleração imposto pelo lançamento, conforme níveis descritos no documento EVS_FireSpot_v2.5". Indique três possíveis tipos de ensaios dinâmicos para verificar este requisito por meio do método de teste.**
- D) Ao desenvolver o Plano de AIT, você se depara com a necessidade de estipular a sequência dos ensaios ambientais. **Determine as duas principais considerações utilizadas para definir a sequência de testes ambientais.**

Questão 3

Uma equipe de desenvolvimento de software, envolvida no projeto de um sistema embarcado, recebeu os seguintes códigos sem erros de compilação e execução, um em linguagem C e o outro em Python. O comportamento desses códigos deveria ser implementado em um módulo específico do sistema embarcado.

Linguagem C

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 void imprimir (char X[], int n) {
5     int i;
6     for (i=0; i<n; i++) printf("%c", X[i]);
7     printf("\n");
8 }
9
10
11 void f (char V[], int n) {
12     int i, j, aux;
13     for (i=0; i<n; i++)
14         for (j=0; j<n-i-1; j++)
15             if (V[j]>V[j+1]) {
16                 aux = V[j];
17                 V[j] = V[j+1];
18                 V[j+1] = aux; }
19 }
20
21 int main (void) {
22
23     char Z[] = { 'B', '0', 'a', 'S', 'o', 'R', 'T', 'e' };
24
25     int n = sizeof(Z);
26
27     imprimir(Z,n);
28
29     f(Z, n);
30
31     imprimir(Z,n);
32 }
```

Linguagem Python

```

1 #from __future__ import print_function; #
2
3 def imprimir (X) :
4     n = len(X)
5     for i in range(n) :
6         print("%c" % X[i], end="");
7     print("");
8
9 def f2 (V) :
10    n = len(V)
11    for i in range(n) :
12        for j in range(n-i-1) :
13            if (V[j]<V[j+1]) :
14                aux = V[j];
15                V[j] = V[j+1];
16                V[j+1] = aux;
17
18 def f (V) :
19    n = len(V)
20    for i in range(n-1, 0, -1) :
21        for j in range(i) :
22            if (V[j]>V[i]) :
23                aux = V[j];
24                V[j] = V[i];
25                V[i] = aux;
26
27 def main () :
28     V = ['B', '0', 'a', 'S', 'o', 'R', 'T', 'e'];
29     imprimir(V);
30     f(V);
31     imprimir(V);
32
33 main();
```

Responda:

- A) Após a execução do código em linguagem C, o que será impresso no terminal de saída?
- B) Explique o que o programa em linguagem C faz com a lista de caracteres.
- C) Após a execução do código em linguagem Python, o que será impresso no terminal de saída?
- D) Explique o que o programa em linguagem Python faz com a lista de caracteres.

Nota: os valores em base 16 (hexadecimal) da letra **O** (maiúscula) e da letra **o** (minúscula) são 4Fh e 6Fh respectivamente.

Além dos códigos, a equipe de desenvolvimento também recebeu uma lista de requisitos de sistema. Entre eles os requisitos RQ1, RQ2 e RQ3, listados a seguir. Esses requisitos necessitam de certas melhorias e ou correções.

RQ1) O sistema deverá implementar o código em linguagem de programação C com desempenho melhor do que o mesmo código em linguagem Python.

RQ2) O sistema deverá apresentar um desempenho melhor quando o código é executado em linguagem Python de quando executado com a outra linguagem.

RQ3) O sistema deverá implementar os códigos com um custo baixo.

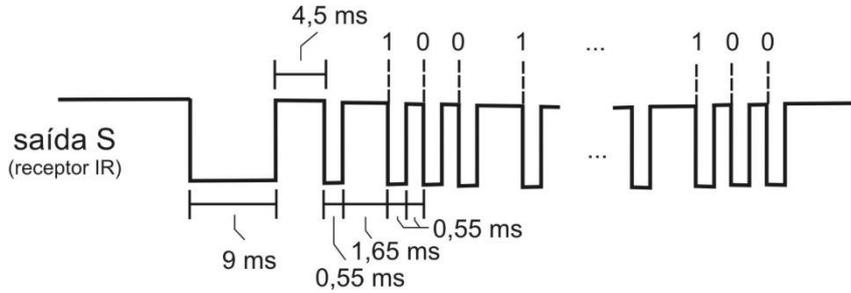
Para cada um dos três requisitos identifique o que deve ser melhorado e ou corrigido e, se aplicável, reescreva-o.

Nota: Caso seja necessário reescrever os requisitos, fique livre para fazer suas suposições.

Questão 4

A figura abaixo mostra o protocolo da saída de um transmissor IR (infravermelho) de um controle remoto. Repare que a geração do comando começa com um pulso de cerca de 9 ms em nível baixo seguido de um pulso de cerca de 4,5 ms em nível alto. Em seguida, a informação propriamente dita está codificada com 32 bits de dados, transmitidos do bit menos significativo para o bit mais significativo, codificados da seguinte forma:

- um pulso de 0,55 ms em nível baixo seguido de um pulso de 0,55 ms em nível alto significa bit 0;
- um pulso de 0,55 ms em nível baixo seguido de um pulso de 1,65 ms em nível alto significa bit 1.



Dados: $4,5 \text{ ms} / 0,55 \text{ ms} \approx 8$ e $1,65 \text{ ms} / 0,55 \text{ ms} = 3$.

O esqueleto de um programa contém o seguinte código em linguagem C:

```
int codigo; /* código de 32 bits */
int fase = OCIOSO; /* valores possíveis: OCIOSO, P9MS, P4MS ou DATA */
int indicebit = 0; /* índice do bit em transmissão: 0 a 31 */
int indiceclk = 1; /* 1 a 4 por bit, 1 a 8 em 4,5 ms, 1 a 16 em 9 ms */
int SAIDA, bit; /* S do I/O (emissor) e bit= 0 ou 1 */
void interrupt rotinalSR(void) { /* rotina de serviço da interrupção */
    if (fase == OCIOSO) { ... }
    else if (fase == P9MS) { ... }
    else if (fase == P4MS) { ... }
    else if (fase == DATA) { ... }
    envia_sinal_EMISSOR(SAIDA); /* SAIDA → I/O */
    comando_EOI(); /* comando de fim de interrupção */
}
```

Para começar a transmissão, o programa principal roda

```
indicebit = 0; indiceclk = 1;
codigo = 0x35787989; /* valor qualquer de código a transmitir */
fase = P9MS; /* mudança de fase informada na próxima interrupção */
```

Suponha que um pedido de interrupção receba uma onda de 0,55 ms de período. **Complete a rotina de serviço para transmitir o código de 32 bits especificado, respeitando o protocolo descrito.**

Questão 5

As equações de movimento de uma aeronave podem ser linearizadas e desacopladas sob certas condições. Observe as Figuras A e B e o trecho de código MATLAB a seguir:

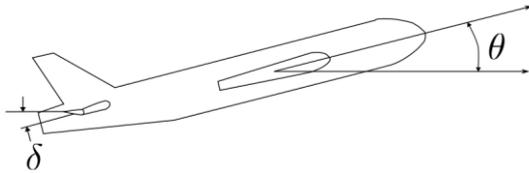


Figura A

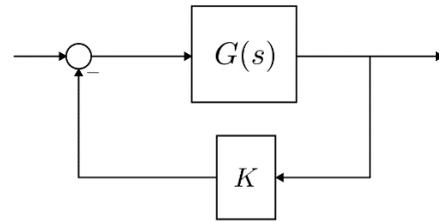


Figura B

Trecho de código MATLAB:

```
K = ██████████;

sys2 = feedback(sys1, K);

t = [0:0.01:101];
u = zeros(1, length(t));
u(1:101) = 0.1;

lsim(sys2, u, t);
```

Responda ao que se pede a seguir, considerando que a dinâmica de arfagem e tangagem de uma aeronave (i.e., a dinâmica do ângulo de elevação do nariz da aeronave) pode ser simplificada para pequenos sinais, de forma que o modelo matemático que relaciona o ângulo de elevação $\theta(t)$ e o ângulo do profundor $\delta(t)$ (mostrados na Figura A) é dado por

$$\ddot{\theta} + 0,8\ddot{\theta} + 1,16\dot{\theta} = \dot{\delta} + 0,1\delta.$$

- A) Obtenha a função de transferência $G(s)$ que relaciona as transformadas de Laplace de $\theta(t)$ e $\delta(t)$, e esboce o lugar das raízes referente a $G(s)$, i.e., o lugar geométrico dos polos de malha fechada quando se estabelece um laço de realimentação negativa com um ganho K (que pode variar de 0 a ∞), conforme mostrado na Figura B.
- B) O sistema em malha aberta é BIBO (i.e., *bounded input-bounded output*) estável? E o sistema em malha fechada com ganho de realimentação $K = 1$ é BIBO estável? Justifique suas respostas.
- C) Sabendo que, no trecho de código MATLAB apresentado, `sys1` representa $G(s)$, calcule o valor que deverá ser atribuído a `K` na primeira linha do trecho para que a curva gerada pela execução do código esteja suficientemente próxima de zero no final da janela de tempo especificada na 5ª linha. Adote, como critério de aproximação, que $e^{-5} \cong 0$.

Realização

